

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Porovnání mechanickofyzikálních vlastností velkoformátových desek na bázi cementu

Comparison of the mechanical and physical properties of large-size cement bonded boards

Student:

Pelantová Karolína

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Hurta Jan

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

## Zadání bakalářské práce

Student: **Karolína Pelantová**  
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **3647R019 Stavební hmoty a diagnostika staveb**  
Téma: **Porovnání mechanickofyzikálních vlastností velkoformátových desek na bázi cementu**  
**Comparison of the mechanical and physical properties of large-size cement bonded boards**

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Obsah bakalářské práce:

Bakalářská práce bude v první části pojednávat o využívání velkoformátových desek ve stavebnictví. Při zpracování bude použita literatura zabývající se dotčenou problematikou. Práce bude doplněna o experimentální měření v laboratoři.

Experimentální část bude spočívat v testování vzorků z několika druhů velkoformátových desek.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Osnova:

1. Úvod.
2. Současný stav používání velkoformátových desek.
3. Experimentální část.
4. Vyhodnocení provedených experimentů.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

Svoboda, L. a kol., Stavební hmoty, Praha 2013 ISBN 978-80-260-4972-2 Dostupné z [www: http://people.fsv.cvut.cz/~svobodal/sh/SH3v1.pdf](http://people.fsv.cvut.cz/~svobodal/sh/SH3v1.pdf)

Vacula, M. Fasádní cementotřískové desky CETRIS® certifikovány dle ETAG 034-1, Stavebnictví 300, 2014 dostupné z [www: http://www.stavebnictvi300.cz/clanky/fasadni-cementotriskove-desky-cetris-certifikovany/](http://www.stavebnictvi300.cz/clanky/fasadni-cementotriskove-desky-cetris-certifikovany/)

ČSN EN 317 49 0166, Třískové a vláknité-Stanovení bobtnání po uložení ve vodě, prosinec 1995

ČSN EN 310 49 0147, Desky ze dřeva-Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu, prosinec 1995

ČSN EN 320 49 0155, Třískové a dřevovláknité desky-Stanovení odporu proti vytáhnutí šroubu v axiálním směru, září 2011

ČSN EN 12467 72 3403, Vláknocementové ploché desky-Specifikace výrobku a zkušební metody, únor 2013

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Hurta**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 02.05.2016



Ing. Libor Židek  
vedoucí katedry

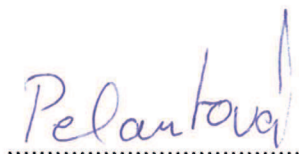


prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 2. 5. 2016

  
.....

Podpis studenta

### **Místopřísežné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 2. 5. 2016

*Pelán Jovana*  
.....

Podpis studenta

## **Anotace**

PELANTOVÁ, Karolína. Porovnání mechanicko-fyzikálních vlastností velkoformátových desek na bázi cementu. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 42 stran. Vedoucí práce Ing. Jan Hurta.

Tato bakalářská práce se zabývá deskami na bázi cementu a jejich mechanicko-fyzikálními vlastnostmi. V teoretické části jsou desky popsány, zde je provedena analýza surovin pro jejich výrobu, samotná výroba a praktické využití. Praktická část práce poté zkoumá některé z vlastností. Desky na bázi cementu mají v dnešní době široké využití. Lze je aplikovat v interiéru i exteriéru. Proto se druhá část práce zabývá hodnocením odporu proti vytáhnutí vrutu, modulu pružnosti, pevnosti v ohybu, nasákavosti a bobtnání. Zkoušky jsou provedeny za účelem porovnání těchto vlastností u rozdílných desek předních českých výrobců.

## **Klíčová slova**

Desky na bázi cementu, nasákavost, bobtnání, vruty, modul pružnosti, pevnost v ohybu

## **Annotation**

This bachelor thesis deals with boards based on cement and their mechanical-physical properties. The theoretical part describes the boards, there is an analysis of the raw materials for their production, production itself and practical use. The practical part then examines some of the properties. Boards based on cement are nowadays widely used. They can be applied indoors and outdoors. Therefore the second part deals with resistance to axial withdrawal of screws, flexural modulus, flexural strength, water absorption and evaluating swelling. The tests are conducted in order to compare these characteristics with different boards of leading Czech manufacturers.

## **Key word**

Boards based on cement, water absorption, evaluating swelling, screws, flexural modulus, flexuar strength

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Suroviny pro výrobu .....	2
2.1 Portlandský cement.....	2
2.2 Voda.....	2
2.3 Vápenec .....	3
2.4 Celulóza .....	4
2.5 Perlit.....	4
2.6 Polypropylenové vlákno .....	5
2.7 Polyvinylalkoholová vlákna .....	6
2.8 Dřevěné třísky.....	7
2.9 Hydratační přísady.....	7
3. Cementovláknité desky – CEMVIN .....	7
3.1 Výroba .....	7
3.2 Vlastnosti .....	9
3.3 Použití.....	9
4. Cementotřískové desky – CETRIS .....	9
4.1 Výroba .....	9
4.2 Vlastnosti .....	10
4.3 Použití .....	10
5. Cementovláknité desky – CEMBRIT .....	11
5.1 Výroba .....	11
5.2 Vlastnosti .....	11
5.3 Použití.....	11
6. Ověření vlastností desek .....	12
6.1 Stanovení odporu proti vytáhnutí vrutu.....	12
6.2 Stanovení modulu pružnosti v ohybu .....	15
6.3 Stanovení pevnosti v ohybu.....	21
6.4 Stanovení nasákavosti.....	25
6.5 Stanovení bobtnání .....	29
7. Závěr .....	35
8. Poděkování.....	36
9. Seznam použité literatury .....	37
10. Seznam obrázků .....	39

11.	Seznam tabulek .....	40
12.	Seznam grafů.....	41
13.	Seznam příloh.....	42



## 1. Úvod

Tato práce se zabývá cementovláknitými deskami. Porovnává mechanicko-fyzikální vlastnosti tří rozdílných desek, které mají největší zastoupení na trhu u nás. Tyto desky se liší druhem vláken a dalšími přísadami. Vlastnosti, kterými se bakalářská práce zabývá, jsou důležité pro správnou funkci desek při jejich běžném použití. V dnešní době mají tyto desky široké uplatnění například jako protipožární systémy, ztracené bednění, podhledy i interiérové a exteriérové opláštění stěn.

Teoretická část práce, se zabývá materiály, ze kterých jsou desky složeny. Rozdílné suroviny výroby mohou mít vliv na vlastnosti, kterými se práce zabývá v praktické části. Dále je zde popsána jejich výroba, v principu je velmi podobná, i když jsou zde jisté rozdíly. Vlastnosti desek podléhají obecným požadavkům trhu a norem, proto se příliš neliší. Popsáno je zde i použití desek, které je velmi rozmanité a týká se více oborů, nežli pouze stavebnictví.

V praktické části jsou popsány zkoušky, které byly provedeny za účelem zjistit jaké desky je nejvhodnější a nejodolnější pro zjišťované vlastnosti. Práce popisuje zkoušku stanovení odporu proti vytáhnutí vrutu, kvůli mechanickému namáhání desek u jejich kotvení a závěsu dalších konstrukcí a prvků na těchto deskách. Dále se provede zkouška pro zjištění modulu pružnosti při statickém ohybu a zároveň pevnost v ohybu, tato vlastnost je využita při dimenzování desek například při využití jako ztracené bednění. V poslední řadě se práce zabývá zkouškami nasákavostí desek a jejich bobtnáním, což je velmi důležité pro použití v prostorech, kde dochází ke kontaktu desky s vlhkostí a případně i s vodou.

## 2. Suroviny pro výrobu

### 2.1 Portlandský cement

Jemně mletá anorganická látka, která patří mezi hydraulické maltoviny. Po smíchání s vhodným množstvím vody vznikne dobře zpracovatelná hmota, která poté tuhne a tvrdne i pod vodou (Obrázek 1).

Suroviny pro výrobu portlandského cementu jsou směsí  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a  $\text{MgO}$ . V případě nevhodného složení oxidů je třeba přidávat další složky - jíl, vápenec, železné rudy, bauxit a recyklovatelné materiály. Tato směs se pálí v rotační peci. V něm teplota vzrůstá až na přibližně  $1480\text{ }^\circ\text{C}$ . Teplota je regulovaná a směs se tak spéká do hrudek. Nízká teplota způsobuje vytváření velkých spečených kusů a naopak vysoká teplota vytváří kusy taveniny nebo tekutého skla. V části pece s nízkou teplotou se  $\text{CaCO}_3$  (vápenec) rozkládá na  $\text{CaO}$  (pálené vápno) a  $\text{CO}_2$  (oxid uhličitý). V části pece s vysokou teplotou spolu reagují oxidy vápníku a křemíku

a vytvářejí dikalcium a trikalcium silikáty ( $\text{C}_2\text{S}$  - belit,  $\text{C}_3\text{S}$  - alit). Vytváří se i menší množství trikalcium aluminátu ( $\text{C}_3\text{A}$  - celit) a tetraalkalium aluminoforit ( $\text{C}_4\text{AF}$ ). Výsledkem je spečenina, hrudky - portlandský slínek (před dalším zpracováním může být skladována i několik let). [9]



*Obrázek 1 Portlandský cement*

### 2.2 Voda

Je to chemická sloučenina vodíku a kyslíku s chemickým vzorcem  $\text{H}_2\text{O}$ . Spolu se vzduchem tvoří základní podmínky pro existenci života na Zemi. Za normální teploty a tlaku je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu, v silnější vrstvě je namodralá.

Pro použití ve stavebnictví, zejména při využití jako záměsová voda do různých směsí jsou ve vodě limitovány hlavně koncentrace síranů, chloridů, hořčíku, obsahu organických látek

a vodíkových iontů. Omezena je také koncentrace látek, které mohou zabraňovat hydrataci cementu nebo snižovat jeho pevnost, jedná se o huminové látky. [12]

### 2.3 Vápenec

Vápenec je hornina, typově se řadí mezi chemické sedimenty, podobně jako dolomit nebo rohovec (Obrázek 2). Takovéto sedimenty se ukládají srážením ze slaných roztoků v mořích nebo také na pevnině ve slaných jezerech v oblastech s aridním klimatem. Největší zastoupení ve skladbě vápence má uhličitán vápenatý –  $\text{CaCO}_3$ , což je minerální plnivo na bázi uhličitanu vápenatého, které se vyrábí mletím drceného vápence. Kvalita mikro mletého vápence závisí na jemnosti mletí a granulometrii. Nejvhodnější je frakce  $< 0,125 \text{ mm}$  a je požadováno, aby více než 70 % mletého vápence propadlo sítím o velikosti oka  $0,063 \text{ mm}$ . Potřebu záměsové vody může ovlivnit čára zrnitosti, tvar a nasákavost minerálního plniva. Po přidání mikromletého vápence dochází k urychlení hydratace  $\text{C}_3\text{S}$  a  $\text{C}_3\text{A}$  a proto dochází k nárůstu počátečních pevností cementového tmelu. V případě použití vápence a stejného množství záměsové vody vápenec zvyšuje konzistenci směsi, což se řadí mezi jeho výhody. Při zvyšující se jemnosti mletí vápence, tento efekt roste. Mikro mletý vápenec působí na tvrdnutí betonu dvojím způsobem. V prvním případě je to efekt urychlující, při kterém zrna vápence vytvoří zárodky, které zvyšují pravděpodobnost, že se částice rozpuštěné v C-S-H srazí a poté rychleji spojí. Tento efekt je patrný jen v počátečních stádiích tvrdnutí a po 28 dnech je téměř neznatelný. Za druhý efekt je považován efekt pojící. Pokud cement obsahuje velké množství hlinité fáze, pak vznikají hlinitokřemičitany, které mají pojící schopnost. [7]



*Obrázek 2 Vápenec*

## 2.4 Celulóza

Celulóza je hlavní složka dřeva. Zaujímá až 50 % dřevní hmoty. Vlákná jsou získávána chemickou cestou a to tak, že se štěpky rozvaří ve velkých kotlích, kde se pomocí chemikálií rozpouští lignin. Tím dojde k uvolnění vláken. Podle použitých chemikálií, vzniká buďto buničina sulfátová nebo sulfitová. Při použití zásaditých chemikálií vzniká právě buničina sulfátová, která má větší pevnost vláken, naopak při použití kyselých chemikálií vzniká buničina sulfitová s menší pevností vzniklých vláken. Dřevěná vlákna zůstanou po tomto rozpouštění nepoškozená a čistá. Cílem je eliminovat obsah ligninu, další složky dřeva, aby vlákna zůstala neporušená a zachovala si svou pevnost.

Nejčastějším způsobem výroby je sulfátový proces. Moderní sulfátové celulózy jsou energeticky soběstačné, v některých případech vyprodukují více energie, než spotřebují.

Většina buničiny u nás se v současné době vyrábí metodou sulfátovou. Při várce jsou aktivní chemikálie hydroxidy a sulfidy, obojí obvykle sodné. Tato buničina je pevnější než buničina sulfitová (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). [11]



*Obrázek 3 Celulóza*

## 2.5 Perlit

Perlit je vyvřelá žilná hornina (Obrázek 4). Skládá se ze sklovitých kuliček (perliček), odtud jeho název. Perlit s vyšším obsahem vody (okolo 9 %), je schopen při ohřevu zvětšovat desetinásobně až dvacetinásobně svůj objem.

Voda se uvolňuje z krystalové mřížky perlitu a způsobuje expandaci při zahřívání na teploty okolo 1200 °C, tím dochází ke vzniku expandované perlitové drtě, která je ve stavebnictví hojně využívána.

Jeho použití je jako lehčivo do betonů, izolační materiály a k jiným účelům, nejen ve stavebnictví. [6]



*Obrázek 4 Perlit*

## **2.6 Polypropylenové vlákno**

V roce 1954 zjistil Giulio Natta, že v přítomnosti katalyzátorů Zieglerova typu vzniká z monomeru vysokomolekulární, vysoce krystalický izotaktický polypropylen. Do této doby, bylo možné vyrobit pouze nízkomolekulární ataktický produkt měkkého parafinického až blátivého charakteru, což bylo pro použití nevyhovující. Při výrobě je výtěžek izotaktického polypropylenu je vždy větší než 90 %, pro zvláknování se však požaduje takzvaný index izotakticity vyšší než 95 %. Ataktický podíl, zhoršující mechanické vlastnosti polypropylenu, se vypírá alifatickými uhlovodíky, například hexanem (Obrázek 5).

Má nepolární strukturu, avšak vzhledem ke stupni krystalinity dosahující 60 % až 75 % je neprůhledný. Teplota tání obchodních produktů je v rozmezí 160 °C do 170 °C, proto je možné použití při vyšších teplotách. Avšak v aromatických a chlorovaných uhlovodících se rozpouští při teplotě nad 80 °C. Minerální a rostlinné oleje absorbuje beze změny mechanických vlastností.

Polypropylen se zpracovává vstřikováním a vyfukováním na menší a duté předměty, vytlačováním na trubky, desky, profily, výtlačným vyfukováním. Široce se využívá pro výrobu chemicky i mechanicky odolných vláken. [5]





*Obrázek 5 Polypropylenová vlákna*

## **2.7 Polyvinylalkoholová vlákna**

Polyvinylalkohol se vyrábí hydrolýzou polyvinylacetátu (Obrázek 6).

Je to bílý prášek, zřetelně krystalického charakteru. Jeho odolnost vůči rozpouštědlům závisí na obsahu nezhydrolyzovaného polyvinylacetátu, na střední molekulové hmotnosti a také teplotě. Polymer s více než pěti procentním obsahem vinylacetátových jednotek se již rozpouští ve vodě při teplotách nad 65 °C. Čím vyšší je jeho molekulová hmotnost, tím menší je jeho rozpustnost. V olejích není rozpustný ani při vyšších teplotách. V jednosytných alkoholech bobtná, ve vícesytných (např. v glycerolu) se rozpouští, zvláště za tepla. Z kyselin odolává organickým, ve vodných roztocích anorganických kyselin a jejich solí přechází při teplotách nad 160 °C na viskózní až nerozpustnou hmotu. Je málo termoplastický. Lze jej použít za teplot od -50 °C do 130 °C, nad 200 °C se rozkládá.

Polyvinylalkohol svým chováním připomíná želatinu. Proto se používá v potravinářském průmyslu, také v chemickém průmyslu k výrobě lepidel, jako zahušťovadlo pro barvy. Vyrábějí se z něj také obalové fólie, chirurgické nitě, textilní vlákna, hadice a řada dalších výrobků. [5]



*Obrázek 6 Polyvinylalkoholová vlákna*

## 2.8 Dřevěné třísky

Dřevo je hlavním produktem stromů. Využívá se v mnoha odvětvích. V tomto případě jsou použity třísky z jedlí a smrků (Obrázek 7).



*Obrázek 7 Dřevěné třísky*

## 2.9 Hydratační přísady

Urychlovači se označují látky, které přidáním do směsi cementu a vody urychlují hydratační reakce. Urychlovače se dělí na přísady určené ke zkrácení doby tuhnutí plastické směsi a na přísady určené k zvýšení počátečních pevností zatvrdlé směsi. Některé urychlovače mohou ovlivňovat jak tuhnutí tak i tvrdnutí směsi. Účinnost urychlovačů se ve fázi tuhnutí směsi zjišťuje zkouškou Vicatovým přístrojem s ocelovou jehlou. Účinnost zpomalovačů tvrdnutí se zjišťuje zkouškami počátečních pevností zatvrdlého betonu na betonových trámčích. Účinnost zpomalovačů je možné také zkoušet nepřímo měřením tepla, které se uvolní při hydrataci, protože hydratace je chemickou exotermickou reakcí. [14]

## 3. Cementovláknité desky – CEMVIN

Cementovláknité desky CEMVIN se vyrábí v závodě Černousy, který je součástí Českých dřevařských závodů Praha a.s. Jejich výroba se uvádí již od třicátých let minulého století. Jak technologie výroby, tak suroviny pro výrobu desek prošly vývojem.

### 3.1 Výroba

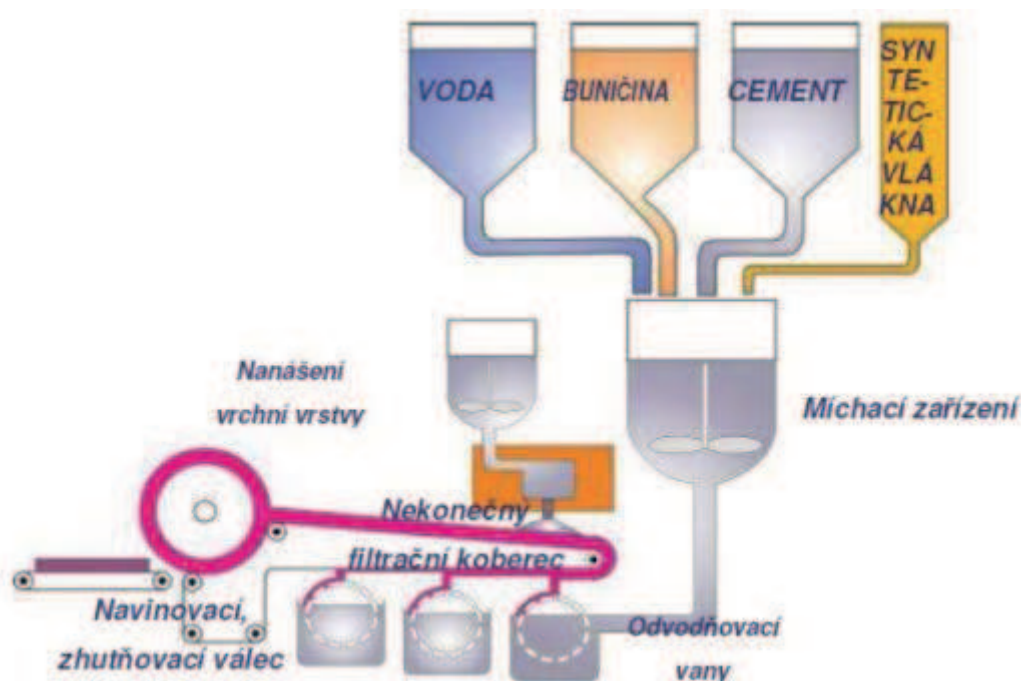
Desky CEMVIN se skládají z pěti základních surovin - z cementu, celulózy, polypropylenového vlákna, perlitu a vody.

Buničina se před dalším zpracováním musí rozemlít v mlecí lince. Všechny suroviny se smíchají v určitém poměru s vodou, každá zvlášť. Poté se vše důkladně smíchá v jedné nádobě dohromady. Dále se směs zpracuje v Hatschekově odvodňovacím stroji, kde se směs odvodní.

Směs se vrství na ocelové vložky a dochází k lisování pod tlakem 150 kPa/cm<sup>2</sup>. Lisování probíhá v cyklech, při kterých se z desek dostává zbytková přebytečná voda a zároveň dochází ke zhutňování materiálu. Po konci tohoto procesu se oddělí lisovací vložky od hotových desek, ty se ukládají k zrání, které trvá alespoň 28 dní. Po vyzrání musí dojít k přírodnímu sušení, po kterém jsou již desky připraveny na další úpravy. Na přání zákazníků je možné desky formátovat na požadované rozměry, a také provést různé nátěry. [17]

### Hatschekův stroj

Materiály jsou smíchány dohromady a tím vytvoří kaši. Tekutá směs se potom svádí do sběrné nádrže, která se skládá z několika krytých rotačních válců. Tyto válce slouží k vyzvedávání tuhých látek, a v procesu se také odstraní část vody. Přes horní plochy válců prochází pás, a z každého válce odebírá tenkou vrstvu vláknocementové formace. Nanesená laminovaná vrstva pak cestuje přes vakuové odvodňovací zařízení, které odstraní většinu vody. Pohybující se pás přenáší vlhký materiál na tvarovací buben, na kterém se postupně ukládají další vrstvy, až se dosáhne požadované tloušťky. Když se dosáhne požadované tloušťky, automatický řezací nůž zabudovaný do tvarovacího bubnu se aktivuje, a syrový list vyjede přímo na dopravník (Obrázek 8). [10]



Obrázek 8 Schéma Hatschekova stroje



### **3.2 Vlastnosti**

Tyto desky jsou mrazuvzdorné, vodovzdorné, hygienicky a ekologicky nezávadné. Při klasifikaci reakce na oheň jsou na tom lépe než desky předchozí, splňují třídu A1. Také jsou odolné vůči elektrickému oblouku. Základní rozměr je 1200 mm x 2500 mm. [16]

### **3.3 Použití**

Průmyslové desky CEMVIN mají využití jak ve stavebnictví, tak v elektroprůmyslu. Ve stavebnictví mohou být použity pro vnější i vnitřní opláštění stěn pro průmyslové použití, jako ztracené bednění, protipožární a protihlukové stěny. V minulosti se v zahraničí prováděly z těchto desek celé montované stavby. V elektroprůmyslu tyto desky našly využití jako kabelové lávky, izolační a nehořlavé podložky a výplně a přepážky elektrorozvaděčů. [16]

## **4. Cementotřískové desky – CETRIS**

Desky CETRIS se vyráběny firmou CIDEM Hranice, divize CETRIS. Závod byl uveden do provozu roku 1991, od tohoto roku se zde desky také vyrábí. Postupně byla nabídka rozšiřována o množství služeb i druhy výrobků.

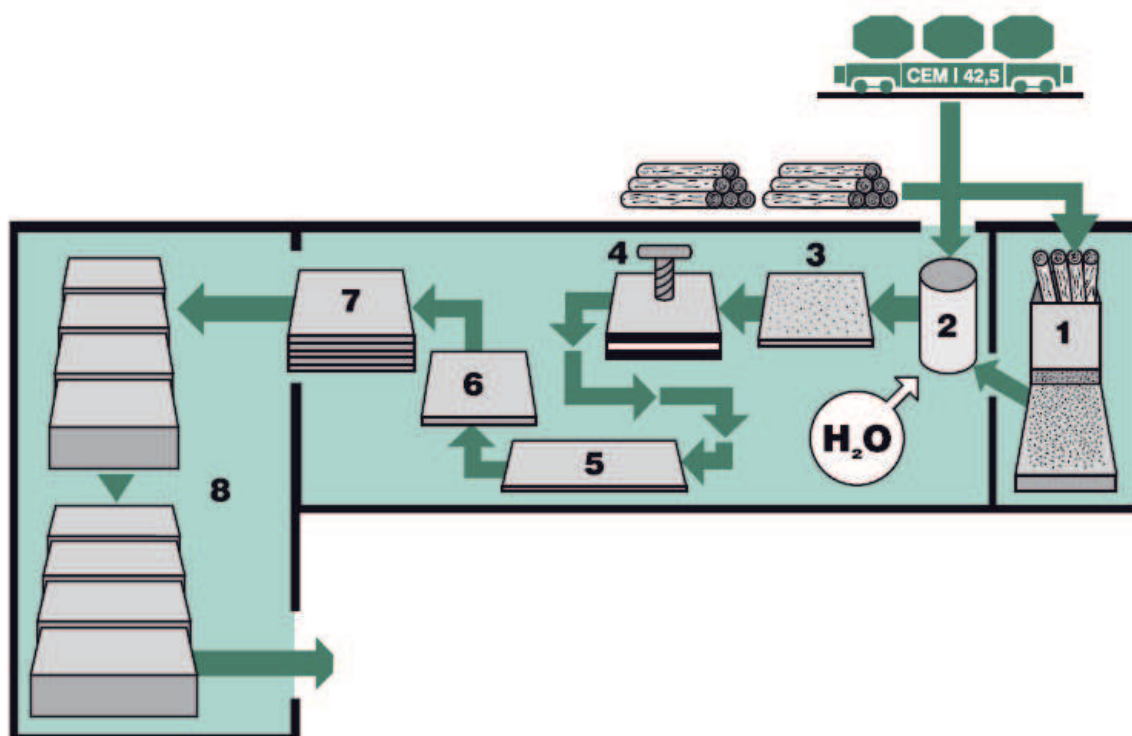
### **4.1 Výroba**

Cementotřískové desky jsou složeny z 63 % dřevěných třísek, 25 % portlandského cementu, 10 % vody a 2 % hydratačních přísad.

Dřevní hmota, která je smrková a jedlová je odkorněná. Skladuje se tři až čtyři měsíce a poté se roztřískuje na jehlicovité třísky a poté se dopravuje do sil určených pro třísky. Připravená dřevní hmota, portlandský cement, dle receptury mineralizační látky a voda, jejíž množství se přizpůsobuje podle naměřené vlhkosti dřevních třísek, se dopravuje do míchacího zařízení přes váhy.

V zařízení, určeném pro vrstvení se rozprostře namíchaná směs na rovné, předem ošetřené ocelové plechy, které v přímém sledu obíhají dokola. V tomto zařízení jsou čtyři oddělené vrstvicí stroje, které jsou umístěny za sebou. První a čtvrtá komora vytváří krycí vrstvy desek pomocí větrného třídění, druhá a třetí komora jsou mechanické a rovnoměrným nanášením vytvářejí středovou provázanou vrstvu. Plechy s rounem se stohují na sebe a lisují se vysokým tlakem na danou tloušťku, zhruba třetina tloušťky sypné. Desky projdou urychleným hydratačním procesem vytvrzování, poté se desky odstohují a jsou přesunuty do klimatizačního skladu, kde dozrávají minimálně sedm dní. Desky se suší na vlhkost 9 %. Následuje formátování na základní rozměry nebo na rozměry požadované zákazníkem. Zákazník má také

možnost požádat o frézování hran, vrtání, broušení, penetrace a další povrchové úpravy (Obrázek 9). [8]



Obrázek 9 Schéma výroby desek CETRIS

1 roztrískování, 2 míchání směsi, 3 vrstvení desek, 4 lisování a vytvrzování pod tlakem,

5 zrání a sušení, 6 formátování, 7 skladování, 8 expedice

## 4.2 Vlastnosti

Cementotřískové desky CETRIS jsou ekologické a přátelské k životnímu prostředí, také jsou hygienicky nezávadné. Desky jsou ohnivzdorné a jsou klasifikovány podle třídy reakce na oheň jako A2 – nehořlavé. Jsou odolné proti vlhku, tudíž se na jejich povrchu netvoří plísně. Díky obsahu cementu jsou odolné vůči hmyzu. Jejich základní rozměr je 3 350 x 1 250 mm. Opracování desek je možné běžnými dřevoobráběcími nástroji. [8]

## 4.3 Použití

Desky CETRIS mají široké využití ve stavebnictví, jak v interiéru, tak v exteriéru. Mohou být použity pro stěny, podlahy i podhledy. Díky svým vlastnostem také v exteriéru jako fasády, střechy a balkony. Ale také při protipožárních aplikacích a opláštění výtahových šachet. [8]

## 5. Cementovláknité desky – CEMBRIT

Cementovláknité desky CEMBRIT jsou vyráběny ve výrobním závodě v Šumperku, který funguje již sto let. Desky jsou zde vyráběny od devadesátých let minulého století, kdy závod přešel na recepturu bez azbestu.

### 5.1 Výroba

Desky se skládají z cementu, vápence, polyvinylalkohol vláken a vody.

Výroba těchto desek je velmi podobná výrobě desek CEMVIN, také je při ní použit Hatschekův stroj, který je popsán v kapitole 4.1.

Při výrobě těchto desek se na počátku rozvlákní a namele buničina, která se poté smíchá s vodou. Do této směsi se později přidávají ostatní zbylé složky. Důkladně promíchaná směs se přes nekonečný pás vrství na formátový válec, ze kterého se dále stříhá základní deska. Tato základní deska se dále upravuje do požadovaných formátů. Správně naformátovaná deska se dále vylisuje a nechá se dozrát. [18]

### 5.2 Vlastnosti

Desky CEMBRIT jsou nehořlavé, s vysokou pevností a trvanlivostí. Jsou hygienicky nezávadné a splňují přísné ekologické nároky. Splňují reakci na oheň třídy A1 jako desky CEMVIN. Mají nízký difúzní odpor a to znamená, že interiérová vlhkost může z konstrukce projít ven a tím podporuje přirozenou cirkulaci vzduchu v budovách. Cirkulace vzduchu v budovách je jeden z důvodů odolnosti desek vůči hnilobě a plísním, hlavním důvodem pro tuto vlastnost je jejich složení. Desky se lehce zpracovávají a formátují. Jejich základní rozměr je 1200 mm x 2400 mm. [15]

### 5.3 Použití

Použití těchto desek je také rozsáhlé. Tyto stavební desky jsou navrženy pro vnější i vnitřní aplikaci. Jako příčky, stropy, podlahy, ale i ventilační šachty. Lze je použít i v zemědělství jako stropy, příčky a dělicí konstrukce. Pro požární odolnost je možné je využít i jako požárně dělicí konstrukce. [15]

## 6. Ověření vlastností desek

Zkoušené desky byly zvoleny v tloušťkách 9 mm a 10 mm. CEMVIN a CETRIS v tloušťce 10 mm a CEMBRIT v tloušťce 9 mm. Výrobci mají rozdílné řady tlouštěk desek, proto musely být zvoleny hodnoty si blízké. Pro cementovláknité desky je mezní odchylka 10 % tloušťky podle normy ČSN EN 12467 [1]. Žádný ze vzorků nepřekročil tuto hranici. Všechny vzorky byly připraveny z jednoho kusu desky.

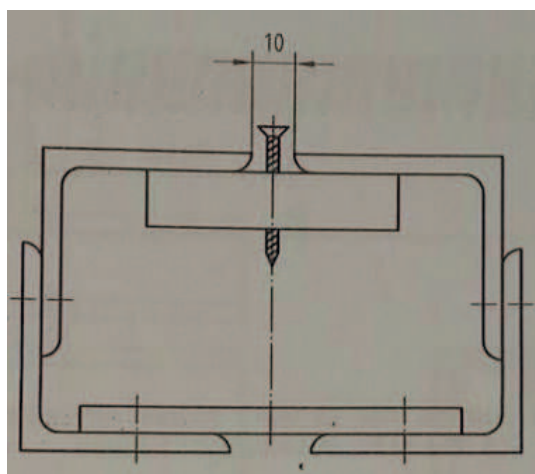
### 6.1 Stanovení odporu proti vytáhnutí vrutu

Zkouška se provede dle normy ČSN EN 320-49 0155 [2].

Zkušební tělesa jsou čtvercová o hraně  $(75 \pm 1)$  mm. Vruty jsou o rozměru 4,2 mm x 38 mm. Zkušební tělesa jsou klimatizovány po dobu 24 hodin při teplotě  $(20 \pm 2)$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $(65 \pm 5)$  %.

Norma určuje postup zkoušky pro desky tloušťky menší než 15 mm a větší než 15 mm. V tomto případě, se zkouška provádí metodikou pro desky tloušťky menší než 15 mm.

Zkušební vzorky musí být dobře připevněny kovovým prvkem a umístěny tak, aby vrut mohl být vytahován kolmo z jejich středu (Obrázek 10). Rostoucí axiální síla působí na spodní stranu hlavy vrutu směrem nahoru. Zatížení roste při konstantní rychlosti  $(10 \pm 1)$  mm/min, dokud není dosaženo maximálního zatížení. Na obrázku je zkouška provedená v laboratorních podmínkách (Obrázek 11).

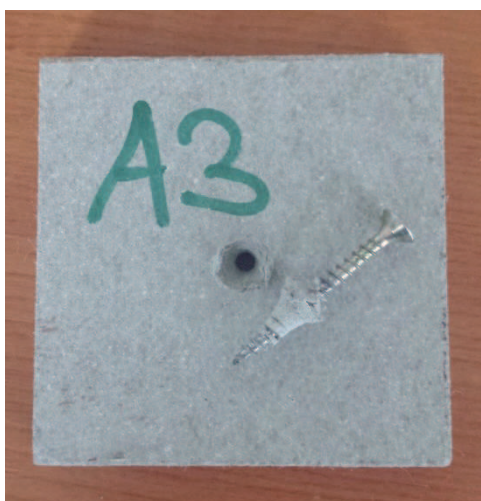


Obrázek 10 Schéma principu zkoušky odporu proti vytažení vrutu

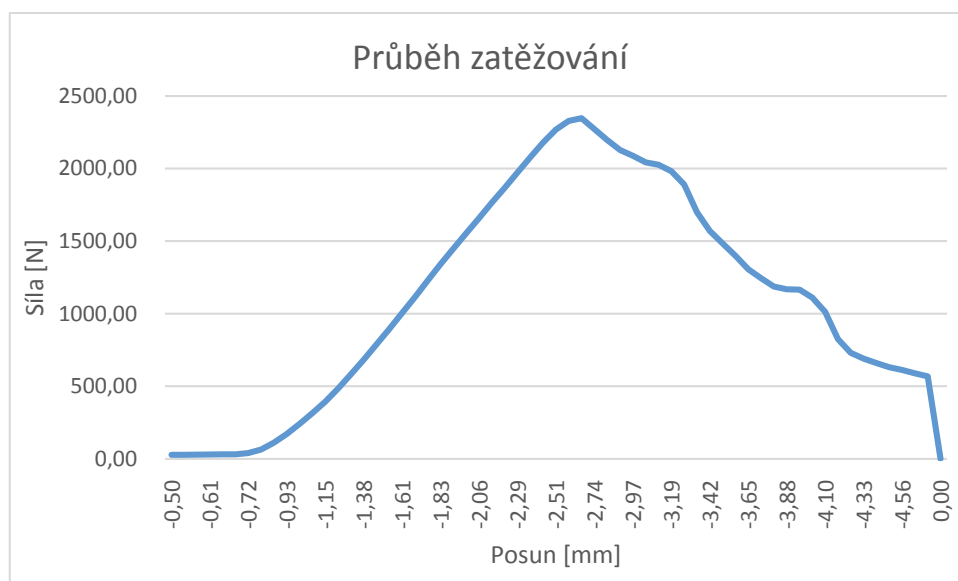
Výsledky zkoušky pro celé desky se vyjádří jako aritmetický průměr všech naměřených hodnot v newtonech.



*Obrázek 11 Průběh zkoušky*



*Obrázek 12 Odzkoušený vzorek*

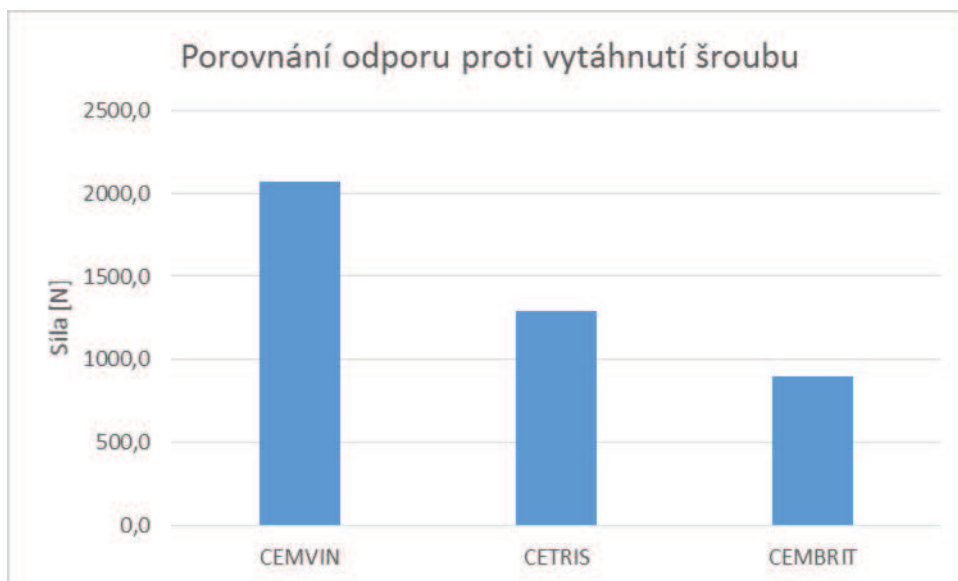


Graf 1 Průběh zatěžování při zkoušce stanovení odporu proti vytáhnutí vrutu

## Naměřené hodnoty

Tabulka 1 Vyhodnocení zkušebních těles desek CEMVIN, CETRIS a CEMBRIT

CEMVIN			CETRIS			CEMBRIT		
Označení vzorku	Síla [N]	Průměr [N]	Označení vzorku	Síla [N]	Průměr [N]	Označení vzorku	Síla [N]	Průměr [N]
A1	1875	2070	B1	1098	1290	C1	781	900
A2	1816		B2	1136		C2	829	
A3	1911		B3	1223		C3	1328	
A4	1651		B4	1143		C4	1105	
A5	2369		B5	1061		C5	838	
A6	2200		B6	1691		C6	775	
A7	2346		B7	1358		C7	830	
A8	1989		B8	1031		C8	770	
A9	2373		B9	1984		C9	1121	
A10	2217		B10	1181		C10	646	



*Graf 2 Porovnání výsledků odporu proti vytáhnutí vrutu*

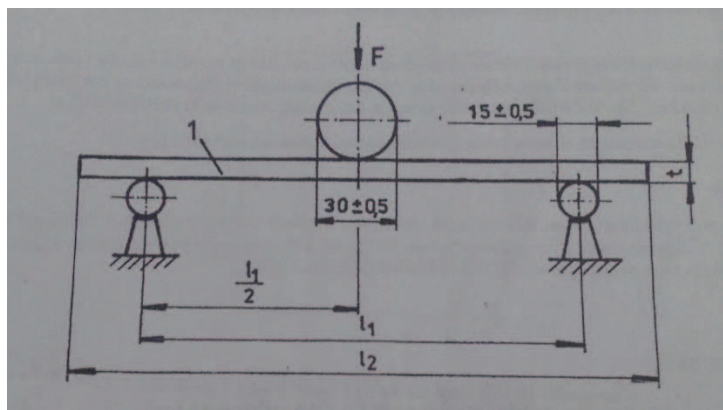
Z dosažených výsledků je patrné, že největší odpor proti vytažení vrutu kladou desky CEMVIN. Naopak nejmenší odpor byl stanoven u desek CEMBRIT. To je způsobeno tím, že v deskách CEMBRIT je navíc oproti ostatním deskám vápenc. Cement spolu s vápencem má menší pevnost než samotný portlandský cement. [13]

## **6.2 Stanovení modulu pružnosti v ohybu**

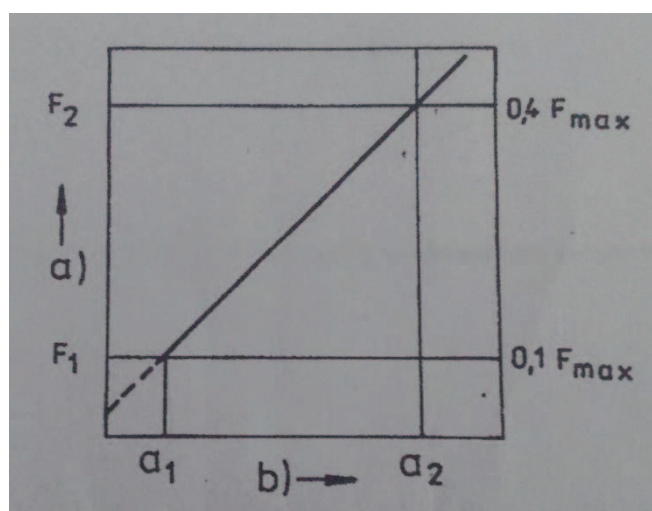
Zkouška se provede v souladu s ČSN EN 310-49 0147 [3].

Zkušební tělesa musí být pravoúhlá, s následujícími rozměry. Šířka  $b$  musí být  $(50 \pm 1)$  mm, celková délka tělesa  $(20t \pm 50)$  mm, kde  $t$  je tloušťka vzorku.

Modul pružnosti v ohybu se stanovuje zatížením zkušební tělesa, uloženého na dvou podporách, v jeho středu (Obrázek 13). Vypočítá se z lineární části zatěžovací křivky (Obrázek 14). Vypočtená hodnota je zdánlivý, ne skutečný modul, protože zkušební metoda zahrnuje kromě ohybu také smyk. Ohybová pevnost každého zkušební tělesa se vypočítá stanovením poměru ohybového momentu  $M$  při maximálním zatížení  $F_{\max}$  k momentu jeho celého průřezu.



Obrázek 13 Schéma zkoušky stanovení modulu pružnosti



Obrázek 14 Zatěžovací křivka v oblasti pružné deformace

Modul pružnosti  $E_m$ , pro každé zkušební těleso, je vyjádřen vztahem:

$$E_m = \frac{l_1^3 (F_2 - F_1)}{4 b t^3 (a_2 - a_1)} [N/mm^2]$$

kde  $l_1$  vzdálenost mezi středy podpěr v milimetrech;

$b$  šířka zkušebního tělesa v milimetrech;

$t$  tloušťka zkušebního tělesa v milimetrech;

$F_2 - F_1$  přírůstek zatížení v přímkové části zatěžovací křivky v newtonech.  $F_1$  musí být přibližně 10 % a  $F_2$  přibližně 40 % z maximálního zatížení;

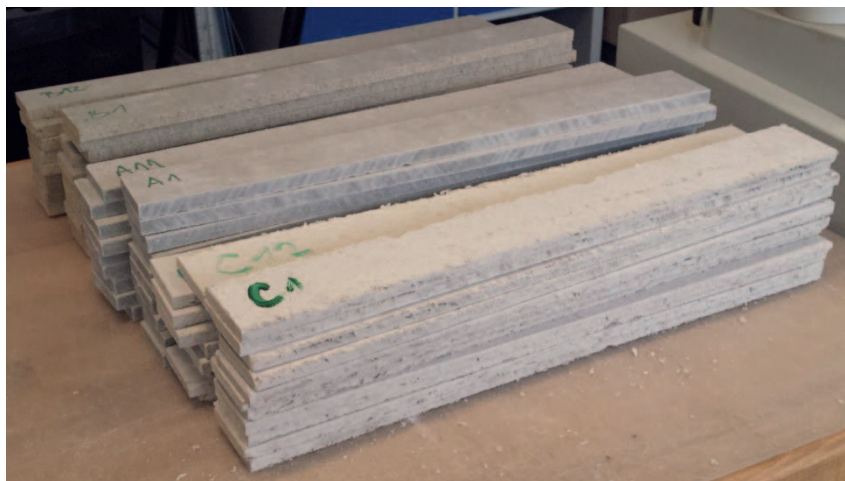
$a_2 - a_1$  přírůstek průhybu ve středu délky zkušebního tělesa (odpovídající  $F_2 - F_1$ ).

Modul pružnosti v ohybu musí být pro každé zkušební těleso vyjádřen na tři platné číslice.



Modul pružnosti pro každou skupinu zkušebních těles odebraných z jedné desky je aritmetický průměr modulů pružnosti odpovídajících zkušebních těles.

Při této zkoušce byly zvoleny vzorky s rozměry, které nejsou dány normou a to tak, že mezi podporami byla vzdálenost 400 mm (Obrázek 15). Poté k porovnání byla zvoleny rozměry těles dle normy při vzdálenosti podpor 210 mm a poté byly výsledky porovnány.



*Obrázek 15 Připravené vzorky*



*Obrázek 16 Ukázka průběhu zkoušky*

### Naměřené hodnoty

Desky v následujících tabulkách s číslem 1 jsou desky s délkou 450 mm a desky s číslem 2 jsou desky s délkou 225 mm.

*Tabulka 2 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN 1*

CEMVIN 1								
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>(40%-10%)</sub> [N]	w <sub>(40%-10%)</sub> [mm]	Modul pružnosti [MPa]	Průměr [MPa]
A1	426,5	450,0	50,2	11,0	52,8	0,871	14 500	16 200
A2	426,5	450,0	50,1	11,0	52,5	0,810	15 600	
A3	424,0	450,0	50,3	10,8	52,2	0,733	18 000	
A4	426,5	450,0	50,3	10,7	51,3	0,726	18 300	
A5	426,0	450,0	50,2	10,9	54,9	0,799	17 000	
A6	422,0	451,0	50,2	10,9	57,0	0,920	15 200	
A7	428,5	450,0	50,2	10,9	58,5	0,895	16 100	
A8	427,5	450,0	50,1	11,0	56,7	0,856	15 900	
A9	426,0	450,0	50,0	10,9	56,7	0,881	15 900	
A10	425,0	449,0	50,2	10,9	60,3	0,955	15 500	
A11	426,0	449,0	50,3	10,9	53,4	0,874	15 000	
A12	425,0	450,0	50,2	11,0	61,8	0,946	15 600	
A13	422,0	450,0	50,1	10,9	48,6	0,814	14 700	
A14	422,0	450,0	50,4	10,8	54,0	0,840	16 200	
A15	419,0	450,0	50,1	10,7	50,4	0,786	16 700	
A16	421,5	450,0	50,2	10,7	53,1	0,821	16 800	
A17	422,0	450,0	50,4	10,7	50,1	0,761	17 100	
A18	423,5	450,0	50,3	10,8	52,8	0,818	16 300	
A19	423,0	450,0	50,5	10,7	52,5	0,823	16 500	

*Tabulka 3 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN 2*

CEMVIN 2								
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>(40%-10%)</sub> [N]	w <sub>(40%-10%)</sub> [mm]	Modul pružnosti [MPa]	Průměr [MPa]
A1	213,3	225,0	50,2	11,0	118,8	0,293	14 100	14 200
A2	213,4	225,0	50,1	11,0	119,1	0,280	14 800	
A3	212,0	225,0	50,3	10,8	115,8	0,311	13 600	
A4	213,7	225,5	50,3	10,7	102,6	0,308	13 500	
A5	212,5	224,5	50,2	10,9	124,5	0,315	14 100	

Tabulka 4 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS 1

CETRIS 1								
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>(40%-10%)</sub> [N]	w <sub>(40%-10%)</sub> [mm]	Modul pružnosti [MPa]	Průměr [MPa]
B1	338,5	450,0	50,4	10,1	39,9	1,167	10 500	10 200
B2	335,5	450,0	50,5	10,3	36,3	1,172	8 980	
B3	319,0	450,0	50,4	10,0	31,2	1,168	8 480	
B4	338,5	450,0	50,5	10,3	41,7	1,260	9 600	
B5	331,0	451,0	50,4	10,0	36,6	1,261	9 210	
B6	337,5	450,0	50,4	10,1	38,7	1,152	10 400	
B7	339,5	450,0	50,4	10,1	37,2	1,232	9 300	
B8	335,5	450,0	50,5	9,9	36,6	0,921	13 000	
B9	319,5	451,0	50,5	9,9	34,2	1,272	8 780	
B10	342,0	450,0	50,3	10,0	37,5	1,058	11 300	
B11	343,0	451,0	50,5	10,1	39,9	1,256	9 770	
B12	342,0	450,0	50,6	10,3	37,2	1,046	10 300	
B13	337,5	450,0	50,5	10,1	32,4	0,936	10 700	
B14	333,0	450,0	50,4	10,2	36,0	1,085	9 930	
B15	332,0	450,0	50,5	9,8	36,9	1,192	10 400	
B16	335,0	450,0	50,4	10,1	35,7	1,130	9 740	
B17	343,0	450,0	50,7	10,0	42,0	1,210	11 000	
B18	337,0	450,0	50,4	10,3	42,6	1,304	9 490	
B19	354,0	450,0	50,2	10,2	39,0	0,947	12 400	

Tabulka 5 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS 2

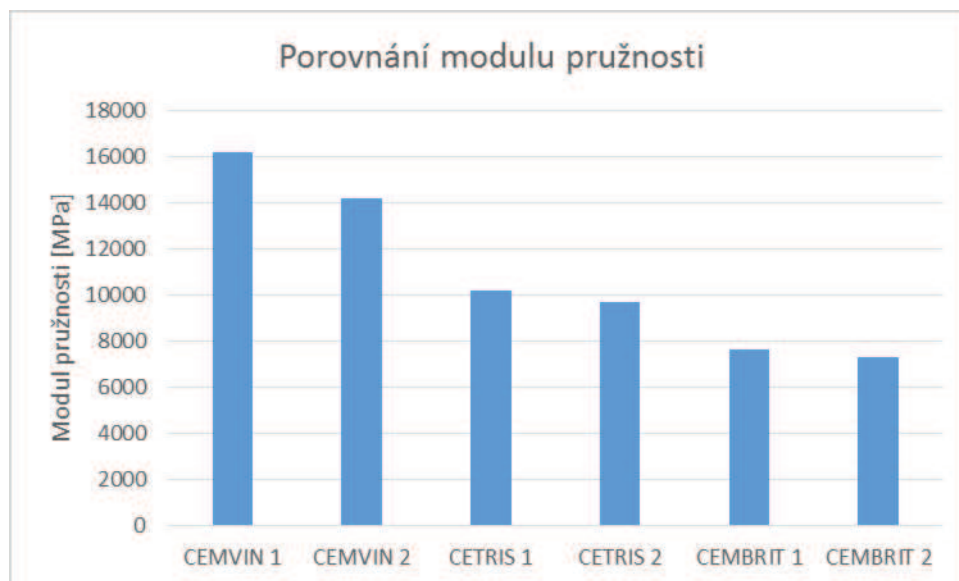
CETRIS 2								
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>(40%-10%)</sub> [N]	W <sub>(40%-10%)</sub> [mm]	Modul pružnosti [MPa]	Průměr [MPa]
B2	168,1	225,5	50,5	10,3	76,2	0,416	7 690	9 720
B3	159,5	225,0	50,4	10,0	72,3	0,372	8 930	
B5	164,8	224,5	50,4	10,0	79,5	0,378	9 660	
B7	169,8	225,0	50,4	10,1	85,5	0,361	10 600	
B8	167,0	224,5	50,5	9,9	81,3	0,328	11 700	

Tabulka 6 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT 1

CEMBRIT 1								
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>(40%-10%)</sub> [N]	W <sub>(40%-10%)</sub> [mm]	Modul pružnosti [MPa]	Průměr [MPa]
C1	265,8	451,0	51,0	9,2	22,2	1,008	8 810	7 620
C2	272,8	450,5	50,8	8,6	22,2	1,008	10 800	
C3	265,2	450,0	50,7	9,3	20,4	1,234	6 420	
C4	270,4	449,5	50,9	9,1	22,2	1,227	7 650	
C5	264,4	449,5	50,7	9,6	20,4	1,250	5 860	
C6	264,8	450,0	50,9	9,5	22,8	1,263	6 660	
C7	265,2	449,5	51,6	10,1	21,9	1,202	5 520	
C8	264,8	450,0	51,1	8,5	16,8	1,168	7 310	
C9	265,2	450,0	51,4	8,6	17,4	1,313	6 560	
C10	265,0	450,5	50,9	8,9	22,2	1,257	7 770	
C11	265,8	451,0	50,8	9,2	22,8	1,331	6 970	
C12	264,0	450,0	51,3	8,8	24,6	1,366	8 160	
C13	266,6	450,0	51,5	8,6	22,5	1,250	8 860	
C14	264,4	450,0	50,9	8,7	22,8	1,626	6 770	
C15	264,0	449,0	51,1	8,5	22,2	1,518	7 600	
C16	263,6	450,0	50,7	8,9	20,4	1,090	8 460	
C17	265,6	450,0	51,6	8,4	21,9	1,293	8 890	
C18	265,4	449,9	51,0	8,8	22,8	1,218	8 560	
C19	265,2	450,0	50,7	8,7	23,1	1,566	7 140	

Tabulka 7 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT 2

CEMBRIT 2								
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>(40%-10%)</sub> [N]	W <sub>(40%-10%)</sub> [mm]	Modul pružnosti [MPa]	Průměr [MPa]
C1	132,6	225,0	51,0	9,2	42,0	0,320	7 600	7 300
C2	136,0	224,5	50,8	8,6	41,1	0,361	8 100	
C3	132,6	225,0	50,7	9,3	44,7	0,328	7 660	
C4	135,7	225,5	50,9	9,1	44,7	0,375	7 300	
C5	131,8	224,0	50,7	9,6	40,2	0,358	5 840	



Graf 3 Porovnání výsledků modulu pružnosti – desky s označením 1, jsou desky se vzdáleností podpor 400 mm; desky s označením 2, jsou desky se vzdáleností podpor 210 mm

Rozdíl hodnot modulu pružnosti jednotlivých materiálů, kde se vzorky liší pouze vzdáleností podpor, činí u desek CETRIS a CEMBRIT maximálně 5 %. U desek CEMVIN rozdíl modulů pružnosti nabývá hodnot až 13 %. Modul pružnosti při obou rozměrech je nejvyšší v případě desek CEMVIN. To je způsobeno tím, že v deskách CEMBRIT je navíc oproti ostatním deskám vápenec. Cementy s vápencem má menší pevnost než samotný portlandský cement. [13]

### 6.3 Stanovení pevnosti v ohybu

Tato zkouška má totožný průběh jako zkouška pro stanovení modulu pružnosti v ohybu dle normy ČSN EN 310-49 0147 [3]. Liší se pouze vzorcem pro výpočet.

Pevnost v ohybu  $f_m$ , pro každé zkušební těleso, je vyjádřen vzorcem:

$$E_m = \frac{3 F_{max} l_1}{2 b t^2} [N/mm^2]$$

kde	$l_1$	vzdálenost mezi středy podpěr v milimetrech;
	$b$	šířka zkušební tělesa v milimetrech;
	$t$	tloušťka zkušební tělesa v milimetrech;
	$F_{max}$	maximální zatížení v Newtonech.

Pevnost v ohybu musí být pro každé zkušební těleso vyjádřen na tři platné číslice.

### Naměřené hodnoty

Desky v následujících tabulkách s číslem 1\* jsou desky s délkou 450 mm a desky s číslem 2\* jsou desky s délkou 225 mm.

*Tabulka 8 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN 1\**

CEMVIN 1*							
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>max</sub> [N]	Pevnost v ohybu [N/mm <sup>2</sup> ]	Průměr [N/mm <sup>2</sup> ]
A1	426,5	450,0	50,2	11,0	176,0	17,4	18,3
A2	426,5	450,0	50,1	11,0	175,0	17,3	
A3	424,0	450,0	50,3	10,8	174,0	17,8	
A4	426,5	450,0	50,3	10,7	171,0	17,8	
A5	426,0	450,0	50,2	10,9	183,0	18,4	
A6	422,0	451,0	50,2	10,9	190,0	19,1	
A7	428,5	450,0	50,2	10,9	195,0	19,6	
A8	427,5	450,0	50,1	11,0	189,0	18,7	
A9	426,0	450,0	50,0	10,9	189,0	19,1	
A10	425,0	449,0	50,2	10,9	201,0	20,2	
A11	426,0	449,0	50,3	10,9	178,0	17,9	
A12	425,0	450,0	50,2	11,0	206,0	20,3	
A13	422,0	450,0	50,1	10,9	162,0	16,3	
A14	422,0	450,0	50,4	10,8	180,0	18,4	
A15	419,0	450,0	50,1	10,7	168,0	17,6	
A16	421,5	450,0	50,2	10,7	177,0	18,5	
A17	422,0	450,0	50,4	10,7	167,0	17,4	
A18	423,5	450,0	50,3	10,8	176,0	18,0	
A19	423,0	450,0	50,5	10,7	175,0	18,2	

*Tabulka 9 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN 2\**

CEMVIN 2*							
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>max</sub> [N]	Pevnost v ohybu [N/mm <sup>2</sup> ]	Průměr [N/mm <sup>2</sup> ]
A1	213,3	225,0	50,2	11,0	396,0	20,5	21,2
A2	213,4	225,0	50,1	11,0	397,0	20,6	
A3	212,0	225,0	50,3	10,8	386,0	20,7	
A4	213,7	225,5	50,3	10,7	342,0	18,7	
A5	212,5	224,5	50,2	10,9	415,0	21,9	

Tabulka 10 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS 1\*

CETRIS 1*							Průměr [N/mm <sup>2</sup> ]
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>max</sub> [N]	Pevnost v ohybu [N/mm <sup>2</sup> ]	
B1	338,5	450,0	50,4	10,1	133,0	15,5	14,6
B2	335,5	450,0	50,5	10,3	121,0	13,6	
B3	319,0	450,0	50,4	10,0	104,0	12,4	
B4	338,5	450,0	50,5	10,3	139,0	15,6	
B5	331,0	451,0	50,4	10,0	122,0	14,5	
B6	337,5	450,0	50,4	10,1	129,0	15,1	
B7	339,5	450,0	50,4	10,1	124,0	14,5	
B8	335,5	450,0	50,5	9,9	122,0	14,8	
B9	319,5	451,0	50,5	9,9	114,0	13,8	
B10	342,0	450,0	50,3	10,0	125,0	14,9	
B11	343,0	451,0	50,5	10,1	133,0	15,5	
B12	342,0	450,0	50,6	10,3	124,0	13,9	
B13	337,5	450,0	50,5	10,1	108,0	12,6	
B14	333,0	450,0	50,4	10,2	120,0	13,7	
B15	332,0	450,0	50,5	9,8	123,0	15,2	
B16	335,0	450,0	50,4	10,1	119,0	13,9	
B17	343,0	450,0	50,7	10,0	140,0	16,6	
B18	337,0	450,0	50,4	10,3	142,0	15,9	
B19	354,0	450,0	50,2	10,2	130,0	14,9	

Tabulka 11 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS 2\*

CETRIS 2*							Průměr [N/mm <sup>2</sup> ]
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>max</sub> [N]	Pevnost v ohybu [N/mm <sup>2</sup> ]	
B2	168,1	225,5	50,5	10,3	254,0	14,9	16,1
B3	159,5	225,0	50,4	10,0	241,0	15,1	
B5	164,8	224,5	50,4	10,0	265,0	16,6	
B7	169,8	225,0	50,4	10,1	285,0	17,5	
B8	167,0	224,5	50,5	9,9	271,0	17,2	

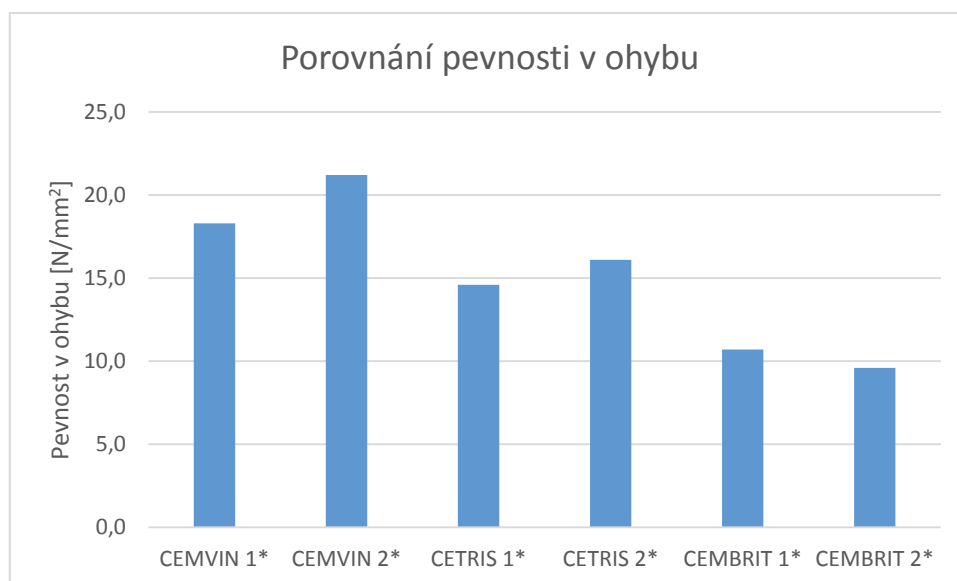
Tabulka 12 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT 1\*

CEMBRIT 1*							Průměr [N/mm <sup>2</sup> ]
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>max</sub> [N]	Pevnost v ohybu [N/mm <sup>2</sup> ]	
C1	265,8	451,0	51,0	9,2	74,0	10,2	10,7
C2	272,8	450,5	50,8	8,6	74,0	11,8	
C3	265,2	450,0	50,7	9,3	68,0	9,2	
C4	270,4	449,5	50,9	9,1	74,0	10,6	
C5	264,4	449,5	50,7	9,6	68,0	8,8	
C6	264,8	450,0	50,9	9,5	76,0	10,0	
C7	265,2	449,5	51,6	10,1	73,0	8,4	
C8	264,8	450,0	51,1	8,5	56,0	9,1	
C9	265,2	450,0	51,4	8,6	58,0	9,2	
C10	265,0	450,5	50,9	8,9	74,0	10,9	
C11	265,8	451,0	50,8	9,2	76,0	10,6	
C12	264,0	450,0	51,3	8,8	82,0	12,3	
C13	266,6	450,0	51,5	8,6	75,0	11,9	
C14	264,4	450,0	50,9	8,7	76,0	11,9	
C15	264,0	449,0	51,1	8,5	74,0	12,2	
C16	263,6	450,0	50,7	8,9	68,0	10,2	
C17	265,6	450,0	51,6	8,4	73,0	12,0	
C18	265,4	449,9	51,0	8,8	76,0	11,5	
C19	265,2	450,0	50,7	8,7	77,0	12,1	

Tabulka 13 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT 2\*

CEMBRIT 2*							Průměr [N/mm <sup>2</sup> ]
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	F <sub>max</sub> [N]	Pevnost v ohybu [N/mm <sup>2</sup> ]	
C1	132,6	225,0	51,0	9,2	140,0	10,2	9,6
C2	136,0	224,5	50,8	8,6	137,0	11,4	
C3	132,6	225,0	50,7	9,3	149,0	10,6	
C4	135,7	225,5	50,9	9,1	149,0	11,2	
C5	131,8	224,0	50,7	9,6	134,0	9,1	





*Graf 4 Porovnání výsledků pevnosti v ohybu – desky s označením 1\*, jsou desky se vzdáleností podpor 400 mm; desky s označením 2\*, jsou desky se vzdáleností podpor 210 mm*

Z výsledků je patrné, že rozdílné vzdálenosti podpor, tudíž jiné rozměry těles se příliš neliší, maximální rozdíl nabývá 15 %. Desky CEMVIN mají největší pevnost, desky CEMBRIT mají pevnost nejmenší.

#### **6.4 Stanovení nasákavosti**

Zkouška nasákavosti při uložení ve vodě po dobu 24 hodin pro tento ani jiný typ desek již není v žádné normě popsána. Uvádění této vlastnosti již není v dnešní době po výrobcích požadováno. Proto při této zkoušce byly použity obecné postupy, které jsou popsány pro další stavební materiály a také bylo čerpáno z normy pro stanovení bobtnání těchto desek ČSN EN 317 [4].

Zkušební tělesa byla zvolena čtvercová o rozměrech  $(50 \pm 1)$  mm. Tělesa byla měřena s přesností na 0,01 mm. Měření bylo provedeno mikrometrem (Obrázek 17).



*Obrázek 17 Mikrometr*

Zkušební vzorky byly vloženy do sušárny, kde se udržovala teplota  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  (Obrázek 18). Vzorky zde byly ponechány po dobu 24 hodin a poté zváženy.

Poté byla tělesa ponořena do čisté, klidné vody s pH  $(7 \pm 1)$  a teplotou  $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ . Tato teplota byla udržována po celou dobu zkoušky. Horní boky zkušebních těles musí být 25 mm pod hladinou vody po celou dobu zkoušky (Obrázek 19).

Po uplynutí doby ponoření se vyjmou zkušební tělesa z vody, zbytek vody se odstraní a zkušební tělesa se zváží.

Nasákavost každého zkušebního tělesa  $w_t$ , vyjádřené v procentech původní hmotnosti se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$w_t = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100 [\%]$$

kde  $m_1$  hmotnost zkušebního tělesa před ponořením v gramech;

$m_2$  hmotnost zkušebního tělesa po ponoření v gramech.

Výsledek výpočtu se vyjádří na jedno desetinné místo.

Nasákavost desky je aritmetický průměr výsledků všech zkušebních těles odebraných z desky a vyjádřený v procentech, na jedno desetinné místo.



*Obrázek 18 Sušárna*



*Obrázek 19 Průběh zkoušky*

## Naměřené hodnoty

Tabulka 14 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN

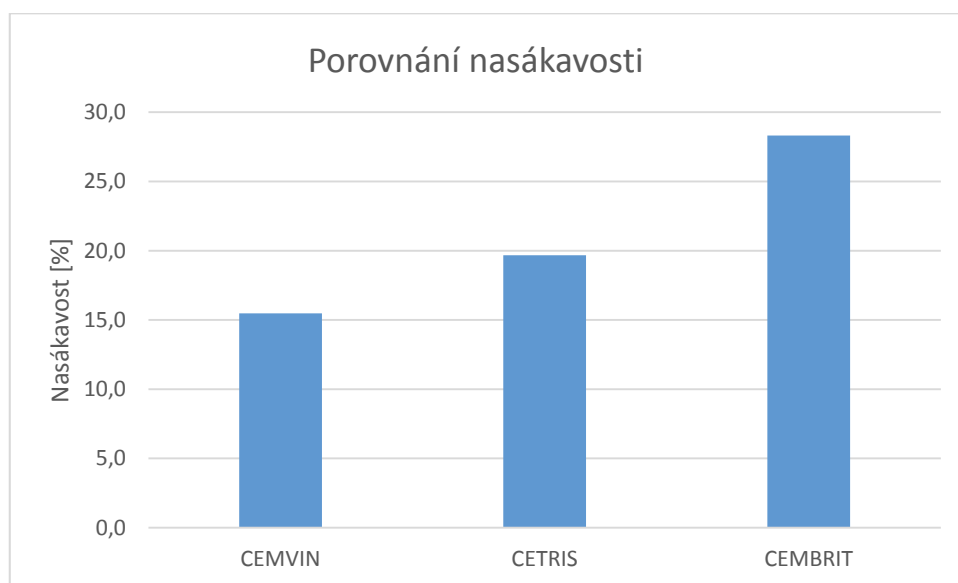
CEMVIN							
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	Hmotnost po 24 hod. [g]	Nasákavost [%]	Průměr [%]
A1	45,1	50,1	50,1	10,950	52,1	15,5	15,5
A2	45,5	50,3	50,1	10,916	52,7	15,8	
A3	45,6	50,1	50,2	10,954	52,1	14,3	
A4	45,4	50,2	50,1	11,000	52,7	16,1	
A5	45,6	50,2	50,1	10,966	52,3	14,7	
A6	45,6	50,1	50,1	11,036	52,8	15,8	
A7	45,4	50,4	50,2	10,735	52,4	15,4	
A8	45,4	50,2	50,1	10,849	52,4	15,4	
A9	45,3	50,2	50,1	10,935	52,3	15,5	
A10	45,3	50,2	50,2	11,036	52,7	16,3	

Tabulka 15 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS

CETRIS							
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	Hmotnost po 24 hod. [g]	Nasákavost [%]	Průměr [%]
B1	35,6	51,6	50,2	10,047	42,3	18,8	19,7
B2	34,0	51,5	50,3	9,860	41,3	21,5	
B3	36,3	51,6	50,3	9,840	42,6	17,4	
B4	35,7	51,7	50,4	9,966	42,6	19,3	
B5	35,5	51,8	50,3	10,082	42,3	19,2	
B6	35,8	50,9	50,4	10,256	42,8	19,6	
B7	33,7	51,3	50,4	10,086	42,9	27,3	
B8	36,2	51,4	50,4	9,867	41,4	14,4	
B9	35,4	51,4	50,2	10,108	42,6	20,3	
B10	36,2	51,3	50,2	10,203	43,1	19,1	

Tabulka 16 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT

CEMBRIT						
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	Hmotnost po 24 hod. [g]	Nasákavost [%]
C1	29,8	51,6	50,6	8,537	38,2	28,2
C2	29,7	51,2	51,0	8,513	38,2	28,6
C3	30,1	51,4	51,2	8,604	38,6	28,2
C4	30,3	51,3	51,2	8,628	38,8	28,1
C5	29,6	51,6	51,4	8,493	38,2	29,1
C6	29,3	51,2	51,1	8,447	37,7	28,7
C7	29,6	51,3	51,2	8,482	37,9	28,0
C8	29,8	51,5	50,8	8,483	38,1	27,9
C9	29,6	51,8	51,5	8,466	37,9	28,0
C10	29,9	50,2	50,2	8,683	38,4	28,4
						28,3

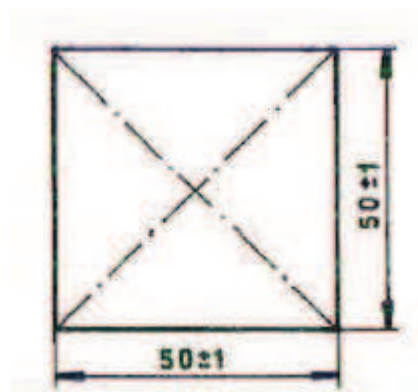


Graf 5 Porovnání výsledků nasákavosti

Nasákavost dosahuje nejvyšších hodnot u desek CEMBRIT, naopak nejnižší nasákavost je u desek CEMVIN. Tato vlastnost se může upravit hydrofobními nátěry desek.

### 6.5 Stanovení bobtnání

Zkouška se provede dle normy ČSN EN 317 [4]. Zkušební tělesa jsou čtvercová o rozměrech  $(50 \pm 1)$  mm (Obrázek 20). Tloušťka tělesa se měří s přesností na 0,01 mm v průsečíku úhlopříček.



Obrázek 20 Schéma vzorku

Zkušební tělesa se ponoří svisle do čisté, klidné vody s pH ( $7 \pm 1$ ) a teplotou ( $20 \pm 1$ ) °C. Tato teplota se udržuje po celou dobu zkoušky. Během zkoušky musí být zkušební tělesa oddělena od sebe navzájem, a také oddělena ode dna a stěn vodní lázně. Horní boky musí být 25 mm pod hladinou vody po celou dobu zkoušky. Po každé zkoušce se voda vymění.

Po uplynutí doby ponoření se vyjmou zkušební tělesa z vody, zbytek vody se odstraní a změří se tloušťka každého zkušebního tělesa mikrometrem ve dvou vybraných bodech, které jsou vyznačeny tečkami na vzorku, což je patrné z foto vzorku (Obrázek 21).

Bobtnání každého zkušebního tělesa  $G_t$ , vyjádřené v procentech původní tloušťky se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} 100 [\%]$$

kde  $t_1$  tloušťka zkušebního tělesa před ponořením v milimetrech;

$t_2$  tloušťka zkušebního tělesa po ponoření v milimetrech.

Výsledek výpočtu se vyjádří na jedno desetinné místo.

Bobtnání desky je aritmetický průměr výsledků všech zkušebních těles odebraných z desky a vyjádřený v procentech, na jedno desetinné místo.



Obrázek 21 Připravený zkušební vzorek

### Naměřené hodnoty

Tabulka 17 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN

CEMVIN								
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	Tloušťka po 24 hod. [mm]	Bobtnání [%]	Průměr [%]	Celkový průměr [%]
A1	45,1	50,1	50,1	10,940	10,980	0,4	0,3	0,3
				10,959	10,985	0,2		
A2	45,5	50,3	50,1	10,853	10,890	0,3	0,3	
				10,979	11,013	0,3		
A3	45,6	50,1	50,2	10,969	10,997	0,3	0,3	
				10,938	10,967	0,3		
A4	45,4	50,2	50,1	11,009	11,052	0,4	0,3	
				10,990	11,023	0,3		
A5	45,6	50,2	50,1	11,026	11,051	0,2	0,3	
				10,905	10,948	0,4		
A6	45,6	50,1	50,1	11,030	11,058	0,3	0,3	
				11,042	11,080	0,3		
A7	45,4	50,4	50,2	10,759	10,796	0,3	0,3	
				10,710	10,748	0,4		
A8	45,4	50,2	50,1	10,836	10,865	0,3	0,3	
				10,861	10,906	0,4		
A9	45,3	50,2	50,1	10,880	10,910	0,3	0,3	
				10,990	11,023	0,3		
A10	45,3	50,2	50,2	11,028	11,062	0,3	0,3	
				11,044	11,072	0,3		

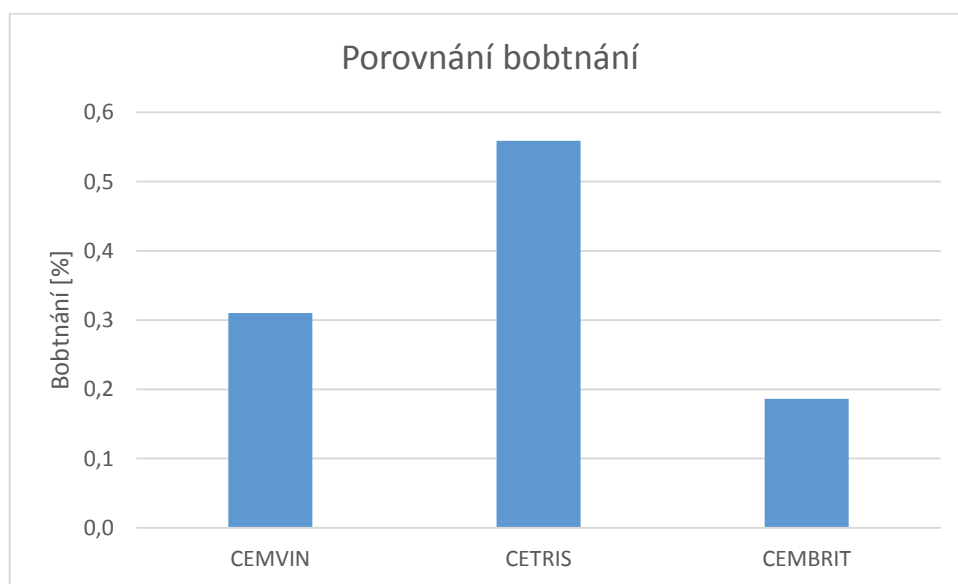
Tabulka 18 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS

CETRIS								
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	Tloušťka po 24 hod. [mm]	Bobtnání [%]	Průměr [%]	Celkový průměr [%]
B1	35,6	51,6	50,2	10,008	10,065	0,6	0,6	0,6
				10,086	10,152	0,7		
B2	34,0	51,5	50,3	9,831	9,882	0,5	0,6	
				9,888	9,959	0,7		
B3	36,3	51,6	50,3	9,774	9,786	0,1	0,3	
				9,906	9,954	0,5		
B4	35,7	51,7	50,4	9,953	10,009	0,6	0,6	
				9,979	10,044	0,7		
B5	35,5	51,8	50,3	10,081	10,145	0,6	0,7	
				10,082	10,156	0,7		
B6	35,8	50,9	50,4	10,309	10,379	0,7	0,6	
				10,203	10,262	0,6		
B7	33,7	51,3	50,4	10,157	10,213	0,6	0,5	
				10,015	10,060	0,4		
B8	36,2	51,4	50,4	9,939	10,003	0,6	0,7	
				9,794	9,859	0,7		
B9	35,4	51,4	50,2	10,021	10,083	0,6	0,5	
				10,194	10,240	0,5		
B10	36,2	51,3	50,2	10,178	10,213	0,3	0,4	
				10,227	10,283	0,5		



Tabulka 19 Popis a vyhodnocení výsledků zkoušených těles desek CEMBRIT

CEMBRIT								
Označení vzorku	Hmotnost [g]	Rozměry [mm]		Tloušťka [mm]	Tloušťka po 24 hod. [mm]	Bobtnání [%]	Průměr [%]	Celkový průměr [%]
C1	29,8	51,6	50,6	8,523	8,531	0,1	0,2	0,2
				8,550	8,577	0,3		
C2	29,7	51,2	51,0	8,493	8,496	0,0	0,1	
				8,532	8,544	0,1		
C3	30,1	51,4	51,2	8,589	8,612	0,3	0,3	
				8,618	8,639	0,2		
C4	30,3	51,3	51,2	8,614	8,618	0,0	0,1	
				8,642	8,658	0,2		
C5	29,6	51,6	51,4	8,455	8,485	0,4	0,2	
				8,531	8,543	0,1		
C6	29,3	51,2	51,1	8,427	8,453	0,3	0,2	
				8,466	8,478	0,1		
C7	29,6	51,3	51,2	8,524	8,537	0,2	0,2	
				8,439	8,464	0,3		
C8	29,8	51,5	50,8	8,535	8,557	0,3	0,2	
				8,430	8,439	0,1		
C9	29,6	51,8	51,5	8,489	8,493	0,0	0,1	
				8,443	8,452	0,1		
C10	29,9	50,2	50,2	8,674	8,687	0,1	0,2	
				8,691	8,720	0,3		



Graf 6 Porovnání výsledků bobtnání

Ze souhrnného grafu, na kterém je vidět porovnání bobtnání všech tří druhů desek, je patrné, že desky CETRIS dosahují nejvyšších hodnot. To je dané druhem vláken, které desky obsahují, což jsou v tomto případě dřevěné třísky. Dřevo je materiál s vysokou vlhkostní roztažností.

## 7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit a porovnat některé z mechanicko-fyzikálních vlastností cementovláknitých desek. Tyto vlastnosti jsou důležité pro jejich běžné použití. Byly porovnávány tři druhy desek, které jsou v České Republice nejdostupnější.

V první části práce byly popsány suroviny, ze kterých se desky vyrábí. Desky se liší vlákny použitými při výrobě. Každý výrobce se léty propracoval k vhodnému množství použitých surovin a jejich poměru, pro jejich nejvhodnější využití v různých odvětvích.

Další část práce obsahuje obecný popis desek použitých v této práci. Byla rozebrána jejich výroba, názorněji zobrazená na schématech. V této kapitole jsou popsány také vlastnosti desek, které podléhají požadavkům normy ČSN EN 12467, kde jsou uvedena veškerá specifika pro cementovláknité desky. Také se zabývá použitím desek, které je velmi rozmanité.

Experimentální část práce se zabývala samotným zkoušením cementovláknitého materiálu. Byly provedeny zkoušky: odpor proti vytáhnutí vrutu, modul pružnosti a pevnost v ohybu. Při těchto pevnostních zkouškách dosáhly desky CEMVIN nejlepších výsledků. Tyto desky vykazovaly vyšší hodnoty až o 50 % než desky CEMBRIT. Při těchto třech zkouškách byl CETRIS s výsledky mezi uváděnými dvěma deskami. Tyto vlastnosti pravděpodobně ovlivňuje vápenec obsažený v deskách CEMBRIT, cementy s vápenci mají obecně horší pevnostní vlastnosti než cementy bez přísad. Dále byly provedeny zkoušky objemových změn. Zkouškou nasákavosti bylo zjištěno, že desky CEMVIN mají o 40 % menší nasákavost než CETRIS a o 13 % než CEMBRIT. Poslední testovanou vlastností bylo bobtnání, bylo stanoveno nejmenší bobtnání u desek CEMBRIT a největší u desek CETRIS a to až trojnásobné, což je způsobeno tím, že jako plnivo byly použity dřevěné třísky. CEMVIN se s výsledky drží ve středu.

Z naměřených hodnot je patrné, že nejvhodnější desky pro použití v konstrukcích, kde probíhá tahové namáhání prvků, jsou desky CEMVIN. Při zkouškách objemových změn následkem působení vlhkosti a vody, v případě nasákavosti jsou vhodnější desky CEMVIN a v případě bobtnání desky CEMBRIT.

Testování desek CEMBRIT mohlo být ovlivněno rozdílnou tloušťkou, než mají zbylé desky. Výsledné hodnoty by byly zřejmě odlišné, avšak ne o tolik, aby se výrazně změnil poměr všech tří druhů zkoušených desek.

Každá z desek má svoje výhody i nevýhody, v této práci byly popsány aspoň některé z nich.

## **8. Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala panu Ing. Janu Hurtovi, za odborné vedení mé bakalářské práce, a pomoc v laboratořích stavební fakulty při prováděných zkouškách. Také bych chtěla poděkovat panu Martinu Pelantovi z firmy České dřevařské závody a.s. a panu Ing. arch. Davidu Novákovi, DiS. z firmy Cembrit, za cenné rady a informace. A zároveň mé rodině a přátelům za podporu a pomoc při přípravě materiálů pro praktickou část práce.

## 9. Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 12467-72 3403 ed. 2 *Vláknocementové ploché desky – Specifikace výrobku a zkušební metody*
- [2] ČSN EN 320-49 0155 *Třískové a dřevovláknité desky – Stanovení odporu proti vytáhnutí šroubu v axiálním směru*
- [3] ČSN EN 310-49 0147 *Desky ze dřeva – Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnost v ohybu*
- [4] ČSN EN 317-49 0166 *Třískové a vláknité desky – Stanovení bobtnání po uložení ve vodě*
- [5] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*, PRAHA: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2005, ISBN 80-7080-241-3
- [6] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*, PRAHA: Jaga Group s.r.o., 2013, ISBN 978-80-260-4972-2
- [7] Bc. HOŠKO, M. *Studium vlastností vláknocementových kompozitů* (Diplomová práce) Brno: VUT, 2015. 48 s.
- [8] *Cetris* [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [www.cetris.cz](http://www.cetris.cz)
- [9] *Cement* [online]. 2011 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=malty\\_cement](http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=malty_cement)
- [10] *Equitone* [online]. 2014 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [http://www.creaton.sk/wp-content/uploads/2014/03/MN\\_Equitone\\_CZ\\_f.pdf](http://www.creaton.sk/wp-content/uploads/2014/03/MN_Equitone_CZ_f.pdf)
- [11] *Celulóza* [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/Celuloza.pdf>
- [12] *Voda ve stavebnictví* [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://stavebnictvi-architektura.studentske.cz/2007/11/voda-ve-stavebnictvi.html>
- [13] *Příprava a vlastnosti cementu s vápencem* [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.vumo.cz/wp-content/uploads/2015/05/21-priprava-a-vlastnosti-cementu-s-vapencem.pdf>
- [14] *Přísady do betonu* [online]. 2015 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <https://www.mct.cz/soubor/prisady-do-betonu-ii/>

[15] *Cembrit* [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [www.cembrit.cz](http://www.cembrit.cz)

[16] *Cemvin* [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [www.cemvin.eu](http://www.cemvin.eu)

[17] PELANT, MARTIN. České dřevařské závody Praha a.s., Výrobní závod Černousy, Černousy 62, 46401 Frýdlant, 13.3.2016

[18] Ing. arch. NOVÁK, DAVID, DiS. Cembrit a.s., Výrobní závod Černousy, Lidická 302, Beroun 3 26638, 9.3.2016

## 10. Seznam obrázků

Obrázek 1 Portlandský cement.....	2
Obrázek 2 Vápenec .....	3
Obrázek 3 Celulóza .....	4
Obrázek 4 Perlit.....	5
Obrázek 5 Polypropylenová vlákna .....	6
Obrázek 6 Polyvinylalkoholová vlákna .....	6
Obrázek 7 Dřevěné třísky.....	7
Obrázek 8 Schéma Hatschekova stroje .....	8
Obrázek 9 Schéma výroby desek CETRIS .....	10
Obrázek 10 Schéma principu zkoušky odporu proti vytažení vrutu .....	12
Obrázek 11 Průběh zkoušky.....	13
Obrázek 12 Odzkoušený vzorek .....	13
Obrázek 13 Schéma zkoušky stanovení modulu pružnosti .....	16
Obrázek 14 Zatěžovací křivka v oblasti pružné deformace .....	16
Obrázek 15 Připravené vzorky .....	17
Obrázek 16 Ukázka průběhu zkoušky.....	17
Obrázek 17 Mikrometr .....	26
Obrázek 18 Sušárna.....	27
Obrázek 19 Průběh zkoušky.....	27
Obrázek 20 Schéma vzorku.....	30
Obrázek 21 Připravený zkušební vzorek.....	31



## 11. Seznam tabulek

Tabulka 1 Vyhodnocení zkušebních těles desek CEMVIN, CETRIS a CEMBRIT .....	14
Tabulka 2 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN 1 .....	18
Tabulka 3 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN 2 .....	18
Tabulka 4 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS 1 .....	19
Tabulka 5 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS 2 .....	19
Tabulka 6 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT 1 .....	20
Tabulka 7 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT 2 .....	20
Tabulka 8 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN 1* .....	22
Tabulka 9 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN 2* .....	22
Tabulka 10 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS 1* .....	23
Tabulka 11 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS 2* .....	23
Tabulka 12 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT 1* .....	24
Tabulka 13 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT 2* .....	24
Tabulka 14 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN .....	28
Tabulka 15 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS .....	28
Tabulka 16 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMBRIT .....	29
Tabulka 17 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CEMVIN .....	31
Tabulka 18 Popis a vyhodnocení zkoušených těles desek CETRIS .....	32
Tabulka 19 Popis a vyhodnocení výsledků zkoušených těles desek CEMBRIT .....	33

## 12. Seznam grafů

Graf 1 Průběh zatěžování při zkoušce stanovení odporu proti vytáhnutí vrutu .....	14
Graf 2 Porovnání výsledků odporu proti vytáhnutí vrutu .....	15
Graf 3 Porovnání výsledků modulu pružnosti.....	21
Graf 4 Porovnání výsledků pevnosti v ohybu .....	25
Graf 5 Porovnání výsledků nasákavosti .....	29
Graf 6 Porovnání výsledků bobtnání.....	33

### **13. Seznam příloh**

1. Technický list desek CEMVIN
2. Technický list desek CETRIS
3. Technický list desek CEMBRIT

*Příloha Bakalářské práce č. 1*  
**Technický list desek CEMVIN**

## Mechanicko-fyzikální vlastnosti desek CEMVIN

Pevnost v tahu za ohybu v podélném směru v příčném směru	ČSN EN 12467	min. 10,5 MPa min. 17,5 MPa
Objemová hmotnost	ČSN EN 12467	min. 1350 kg/m <sup>3</sup> max. 1690 kg/m <sup>3</sup>
Nasákavost desek při uložení ve vodě po dobu 24 hodin	ČSN EN 317	max. 13 %
Tloušťkové bobtnání desek při uložení ve vodě po dobu 24 hodin	ČSN 317	max. 0,3 %
Hmotnostní rovnovážná vlhkost při 20°C a relativní vlhkosti vzduchu 65%	ČSN 322	max. 8 - 10%
Lineární roztažnost při změně vlhkosti vzduchu ze 35 % na 85 % při 20°C	ČSN 318	max. 0,2 %
Tloušťkové bobtnání po cyklování ve vlhkém prostředí	ČSN EN 321	0 %
Rozlupčivost po cyklování ve vlhkém prostředí	ČSN EN 321	min. 0,50 N/mm <sup>2</sup>
Mrazuvzdornost	ČSN EN 12467	R <sub>L</sub> > 0,75 při 100 cyklech
Stupeň hořlavosti – Reakce na oheň	ČSN EN 13501-1	<b>A1</b>
Požární odolnost	ČSN EN 1363-1	tl. 5mm          6 minut tl. 8mm          15 minut tl.10mm        16 minut
Součinitel tepelné vodivosti	ČSN ISO 8302	max. 0,35 W/mK
Odolnost proti elektrickému oblouku	ČSN EN 61621	tl. 5 mm        236 sekund tl. 8 mm        213 sekund tl.10 mm       142 sekund
Modul pružnosti	ČSN ISO 8338	7 000 MPa kolmo k vláknům 9 000 MPa podél vláken
Odpor proti vytažení vrutu	ČSN EN 320	min. 100 N/mm
Protažení hlavičky hřebíku	ČSN 49 0177	min. 530 N/mm
Rozlupčivost	ČSN EN 319	min. 0,4 Mpa
Houževnatost	ČSN 49 0154	tl. 5mm        min. 0,31 J/cm <sup>2</sup> tl.18mm       min. 0,82 J/cm <sup>2</sup>
Zdravotně hygienické požadavky	Směrnice RE 76/769/EHS	hygienická nezávadnost
Obsah přírodních radionuklidů Index hmotnostní aktivity Hmotnostní aktivita Ra - 226		vyhovuje ≤ 0,5 vyhovuje ≤ 150 Bq/kg
Únosnost desek – zátěžové tabulky		ke stažení „Certifikace“
Index vzduchové neprůzvučnosti	ČSN 730513, 730512	R <sub>w</sub> = 30 dB
Odolnost proti účinkům elektrického oblouku	ČSN 332000- 5-52:1998	odolává bez znaků porušení materiálu

*Příloha Bakalářské práce č. 2*  
**Technický list desek CETRIS**

CETRIS® BASIC je cementotřísková deska s hladkým přírodním cementově šedým povrchem. Vyrábí se lisováním směsi dřevěných třísek ( 63% obj.), portlandského cementu ( 25% obj.), vody ( 10% obj.) a hydratačních přísad ( 2% obj.) standardně v tloušťkách 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32 mm. Po dohodě lze dodat i desky tloušťky 34, 36, 38 a 40 mm. Základní rozměr desky je 3 350 x 1 250 mm. Desky je možné dodat řezané na zákazníkem požadovaný rozměr, se zaoblenou nebo sraženou hranou pod úhlem 45°, frézované od tl. desky 12 mm s polodrážkou, od tl. desky 16 mm s perem a drážkou. Do desek lze rovněž předvrtat otvory. Cementotřískové desky jsou určeny především jako konstrukční materiál v případech, kde je požadována současně odolnost proti vlhkosti, pevnost, nehořlavost, ekologická a hygienická nezávadnost. Desky CETRIS® neobsahují azbest ani formaldehydy, jsou odolné vůči hmyzu a působení plísní. Jsou nehořlavé a zvukově izolační. Opracování desek je možné běžnými dřevoobráběcími nástroji.

**Technická specifikace:**

základní formát:	3 350 x 1 250 mm
tloušťky desek:	8-10-12-14-16-18-20-22-24-26-28-30-32, po dohodě 34-36-38-40 mm
objemová hmotnost:	1 150 - 1 450 kg/m <sup>3</sup>
služba: dle požadavků zákazníka	řezání, vrtání otvorů, srážení a frézování hran
povrch:	hladký
povrchová úprava:	bez povrchové úpravy

Tabulka základních fyzikálně mechanických vlastností cementotřískových desek CETRIS®:	Mezní hodnoty dle normy	Průměrné hodnoty - skutečné
Objemová hmotnost dle ČSN EN 323:	min. 1 000 kg/m <sup>3</sup>	1 350 kg/m <sup>3</sup>
Pevnost v tahu za ohybu dle ČSN EN 310	min. 9,0 N/mm <sup>2</sup>	min. 11,5 N/mm <sup>2</sup>
Modul pružnosti dle ČSN EN 310	min. 4 500 N/mm <sup>2</sup>	min. 6 800 N/mm <sup>2</sup>
Pevnost v tahu kolmo na rovinu desky dle ČSN EN 319	min. 0,5 N/mm <sup>2</sup>	min. 0,63 N/mm <sup>2</sup>
Rozlupčivost po cyklování ve vlhkém prostředí dle ČSN EN 321	min. 0,3 N/mm <sup>2</sup>	min. 0,41 N/mm <sup>2</sup>
Reakce na oheň dle EN 13 501-1		A2-s1,d0
Index šíření plamene po povrchu dle ČSN 73 0863		i = 0 mm/min
Tloušťkové bobtnání při uložení ve vodě po dobu 24 hodin	max. 1,5 %	max. 0,28 %
Tloušťkové bobtnání po cyklování ve vlhkém prostředí dle ČSN EN 321	max. 1,5 %	max. 0,31 %
Lineární roztažnost při změně vlhkosti vzduchu z 35% na 85% 23 °C dle ČSN EN 13 009	při	max. 0,122 %
Nasákavost desky při uložení ve vodě po dobu 24 hodin		max. 16 %
Součinitel tepelné roztažnosti dle ČSN EN 13 471		10 × 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Součinitel tepelné vodivosti dle ČSN EN 12 664, tl.8 - 40mm		0,200 - 0,287W/mK
Vzduchová neprůzvučnost dle ČSN 73 0513, tl.8 - 40mm		30 dB – 35 dB
Faktor difuzního odporu dle ČSN EN ISO 12 572, tl.8 - 40		52,8 – 69,2
Mrazuvzdornost při 100 cyklech dle ČSN EN 1328	R <sub>L</sub> > 0,7	R <sub>L</sub> = 0,97
pH desky		12,5
Hmotnostní aktivita Ra 226	150 Bq/kg	22 Bq/kg
Index hmotnostní aktivity	I = 0,5	I = 0,21
Odolnosti povrchu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek ČSN 73 1326	Odpad po 100 cyklech max. 800 g/m <sup>2</sup> (metoda A)	Odpad po 100 cyklech max.20,4 g/m <sup>2</sup> (metoda A)
	Odpad po 75 cyklech max. 800 g/m <sup>2</sup> (metoda C)	Odpad po 100 cyklech max.47,8 g/m <sup>2</sup> (metoda C)
Odolnost vůči obloukovému výboji vysokého napětí dle EN 61 621		tl. 10mm, min.143 sec
Součinitel smykového tření ČSN 74 4507		statický μs = 0,73
		dynamický μd = 0,76
Hmotnostní rovnovážná vlhkost při 20° a relativní vlhkosti 50 % dle EN 634-1	9 ±3 %	9,50%



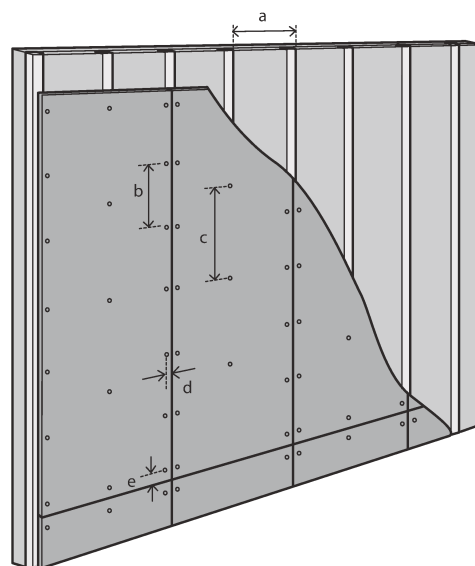
*Příloha Bakalářské práce č. 3*  
**Technický list desek CEMBRIT**

# Flexiboard



Vláknocementové desky Cembrit FLEXIBOARD jsou vysoce kvalitní stavební desky určené pro všechny typy staveb i rekonstrukcí. Mezi hlavní přednosti patří nejvyšší požární odolnost třídy A1, nízký difuzní odpor, voděodolnost, odolnost proti plísním a škůdcům, snadné opracování a univerzální využití.

- desky pro požárně dělící konstrukce
- příčky, stropy, pohledová vrstva podhledů
- podlahy
- ventilační a výtahové šachty
- větrové zábrany do exteriérových stěn
- ztracené bednění, bednění železobetonových věnců
- kontaktní vrstvy pod omítku u dřevostaveb
- obklady v technických místnostech a kotelnách
- zemědělství (stropy, příčky, dělící konstrukce)



	Max. vzdálenost mezi podporami konstrukce (mm)	Max. vzdálenost mezi kotevními prvky (mm)		Vzdálenost od okraje desky (mm)	
	a	b	c	d	e
Vruty	600	200	300	15	50
Hřebíky	600	200	200		

Při instalaci desek na rošt, díky výrazně větší pevnosti v ohybu, mohou být při použití desek Cembrit FLEXIBOARD větší mezery mezi jednotlivými prvky roštu, **ušetříte tak na montáži i její pracnosti!**



PROTIPOŽÁRNÍ



SNADNO  
OPRACOVATELNÉ



VODĚODOLNÉ



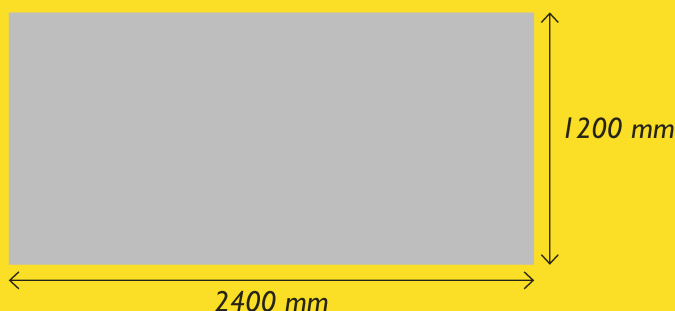
DIFÚZNĚ  
OTEVŘENÉ



ODOLNÉ PROTI  
NÁRAZU

## Porovnání technických vlastností s jinými materiály

	Cembrit Flexiboard	Cementotřískové desky	Sádrokarton
Třída reakce na oheň	A1 ✓	A2	A2
Difuzní faktor	27	52	6-10 ✓
Objemová hmotnost kg/m <sup>3</sup> (pozitivní vliv na zvukovou neprůzvučnost)	1 300 ✓	1 000	640
Modul pružnosti v ohybu E (GPa)	9,5 ✓	6,8	2,5
Doporučované vzdálenosti u roštů (mm)	600 ✓	400-500	600 ✓

**DIFÚZNĚ OTEVŘENÉ**

Díky nízkému difuznímu faktoru jsou desky Flexiboard difúzně otevřené, napomáhají tak **odchodu vlhkosti z konstrukce** staveb a jsou také vhodné jako ztužující prvek konstrukce stěn dřevostaveb.

**Doporučené spojovací prostředky**

Pro desky Cembrit Flexiboard lze použít následující spojovací materiály (nebo podobné):

**Pro dřevěné konstrukce:**

Samořezné vruty Ø 4,5 x 25 mm

Hřebíky konvexní (velká hlava)

Ø 2,5 x 32 - 38 mm

Sponky 13 x 38 - 50 mm

**Pro ocelovou konstrukci:**

Samořezné pozinkované nebo nerezové vruty

Ø 4,2 x 25 mm

**SNADNO OPRACOVATELNÉ**

Desky disponují velice dobrými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi a zároveň se s nimi snadno pracuje, **je možné je řezat ostrým nožem, šroubovat bez předvrtávání, upevňovat hřebíky nebo sponkami.**

**Rozměry**

Šířka	mm	1200
Délka	mm	2400
Tloušťka	mm	9.0

**Fyzikální vlastnosti**

Objemová hmotnost	kg/m <sup>3</sup>	1300
Hmotnost	kg/m <sup>2</sup>	12.8
Hmotnost desky	kg	36.5

**Mechanické vlastnosti**

Modul pružnosti v ohybu E		
Suché desky ve směru vláken	GPa	10
Suché desky kolmo na vlákna	GPa	9
Mokré desky ve směru vláken	GPa	7
Mokré desky kolmo na vlákna	GPa	6

**Pevnost v ohybu**

Suché desky ve směru vláken	MPa	22
Suché desky kolmo na vlákna	MPa	14
Mokré desky ve směru vláken	MPa	13
Mokré desky kolmo na vlákna	MPa	7

**Tepelné vlastnosti**

Součinitel tepelné vodivosti	W/m °C	0.2
Součinitel tepelné roztažnosti	mm/m °C	0.007
Maximální teplota použití	°C	Max. 150
Mrazuvzdornost	Počet cyklů	>100

**Vlhkostní vlastnosti**

Nasákavost % 26.0	%	32.0
Délková roztažnost (max)	mm/m	2.0

**Vlastnosti propustnosti vodní páry (23°C - 50%/93% RH)**

Součinitel difuze vodní páry	ng/m <sup>2</sup> s Pa	782
Odpor prostupu vodní páry	MPa s m <sup>2</sup> /kg	1.3
Odpor prostupu vodní páry	s/m	9500
Faktor difuzního odporu, μ		27

**Tolerance (ref. EN 12467)**

Tloušťka	mm	±0.4
Délka	mm	+0/-2
Šířka	mm	+0/-2

**Ostatní vlastnosti**

Třída	EN 12467	NT A2 I
Požární odolnost	EN 13501	AI



**800 162 489**  
Zelená linka zdarma

**www.cembrit.cz**

Cembrit a.s., Lidická 302, 266 38 Beroun 3, info@cembrit.cz